

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-194105

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

G01B 7/00

(21)Application number : 2000-005036

(71)Applicant : MITSUTOYO CORP

(22)Date of filing : 13.01.2000

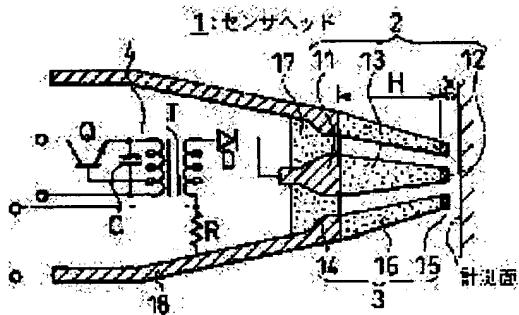
(72)Inventor : HARA SOTOMITSU

## (54) CAPACITANCE TYPE DISPLACEMENT SENSOR

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a capacitance type displacement sensor having a sensor head with a head surface made smaller without causing an increase in parasitic capacity.

SOLUTION: The sensor head 1 comprises a sensor electrode 2 and a ring-shaped reference electrode 3 surrounding it. The sensor electrode 2 has a proximal end portion 11 to which AC signal are directly supplied and a tip portion 12 disposed on the proximal end portion 11 through a conical dielectric column 13 and being smaller in diameter than the proximal end portion 11. The reference electrode 3 has a proximal end portion 14 disposed in the form of a ring at approximately the same planar position as the proximal end portion 11 in such a manner as to surround the proximal end portion 11, and a tip portion 15 disposed on the proximal end portion 14 through a hollow conical dielectric hone 16 and being smaller in diameter than the proximal end portion 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The sensor head which has the sensor electrode which counters the measurement side which consists of a conductor, and the reference electrode of the shape of a ring which encloses this. A detection means to detect the terminal voltage of the aforementioned sensor electrode which changes according to the capacity between the driving means which drive the aforementioned sensor electrode with an alternating current signal, and the aforementioned sensor electrode and a measurement side. It is a sensor. the electrostatic-capacity formula equipped with the above -- a variation rate -- the aforementioned sensor electrode A path has the 1st small point from the end face section of the above 1st with which it has been arranged through a cone-like member on the 1st end face section to which the alternating current signal from the aforementioned driving means is supplied directly, and this 1st end face section. the aforementioned reference electrode -- the end face section of the above 1st, and abbreviation -- with the 2nd end face section arranged in the shape of a ring so that the end face section of the above 1st may be surrounded in the same field position It is characterized by having the 2nd point with a path smaller than the end face section of the above 2nd arranged through a hollow cone-like member on this 2nd end face section, and constituting at least one side of the aforementioned cone-like member and a hollow cone-like member with the dielectric.

[Claim 2] the electrostatic-capacity formula according to claim 1 characterized by both the aforementioned cone-like member and a hollow cone-like member being dielectrics -- a variation rate -- a sensor

[Claim 3] the electrostatic-capacity formula according to claim 1 characterized by for the aforementioned hollow cone-like member being a dielectric, really forming the end face section of the above 1st, a cone-like member, and the 1st point of a conductor, and processing the nose of cam of the 1st point of the above needlelike -- a variation rate -- a sensor

[Claim 4] the electrostatic-capacity formula according to claim 1 which the aforementioned cone-like member is a dielectric and is characterized by really forming the end face section of the above 2nd, a hollow cone-like member, and the 2nd point of the conductor -- a variation rate -- a sensor

[Claim 5] the electrostatic-capacity formula according to claim 1 characterized by processing the end face section of the above 2nd into tubed, and arranging the source of a RF oscillation as the aforementioned driving means to the interior -- a variation rate -- a sensor

[Claim 6] The sensor head which has the sensor electrode which counters the measurement side which consists of a conductor, and the reference electrode of the shape of a ring which encloses this. A detection means to detect the terminal voltage of the aforementioned sensor electrode which changes according to the capacity between the driving means which drive the aforementioned sensor electrode with an alternating current signal, and the aforementioned sensor electrode and a measurement side. It is a sensor. the electrostatic-capacity formula equipped with the above -- a variation rate -- the aforementioned driving means It has a source of a RF oscillation, and the coaxial cable of the length of lambda (2+n [ 1/ ]/2) (however, lambda oscillation wavelength and n positive integer) for supplying the oscillation output of this source of a RF oscillation to the sensor electrode of the aforementioned sensor head. as the aforementioned detection means It is characterized by having the high-frequency-voltage detector attached in the position of lambda (4+m [ 1/ ]/2) (zero or more [ However, m ] integer below n) of the aforementioned coaxial cable.

[Claim 7] the electrostatic-capacity formula according to claim 6 characterized by having the following and constituting at least one side of the aforementioned cone-like member and a hollow cone-like member with the dielectric -- a variation rate -- a sensor The aforementioned sensor electrode is the 1st end face section to which the alternating current signal from the aforementioned driving means is supplied directly. a point with a path smaller than the end face section of the above 1st arranged through a cone-like member on this 1st end face section -- having -- the aforementioned reference electrode -- the end face section of the above 1st, and abbreviation -- the 2nd end face section arranged in the shape of a ring so that the end face section of the above 1st may be surrounded in the same field

position The 2nd point by which the path was small set up on this 2nd end face section from the end face section of the above 2nd arranged through a hollow cone-like member.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] the electrostatic-capacity formula which this invention makes a sensor head the position (variation rate) of the measurement side which consists of a conductor counter this measurement side, and is detected using electrostatic capacity in the meantime -- a variation rate -- it is related with a sensor

[0002]

[Description of the Prior Art] in order to measure a metaled surface position etc. by non-contact conventionally -- an electrostatic-capacity formula -- a variation rate -- the sensor is used this kind of \*\*\*\*\* type -- a variation rate -- the sensor head of a sensor consists of a sensor electrode and a reference electrode arranged in the shape of a ring so that this sensor electrode may be surrounded (for example, JP,9-280806,A, JP,10-332312,A, etc.) If the sensor electrode of such a sensor head is driven by the RF signal, according to the distance between a sensor head and a measurement side (namely, capacity), the high frequency current will change and the terminal voltage of a sensor electrode will change. Therefore, by detecting the terminal voltage of a sensor electrode, the distance between a sensor head and a measurement side can be measured.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to make high detection sensitivity of an electrostatic-capacity formula displacement sensor, it is desirable for the capacity between a sensor head and a measurement side to be large. For that purpose, it is required that the area of the head side which counters the measurement side of a sensor head is large, or for the distance between measurement sides to consider as a small state. When a head side tends to be enlarged and it is moreover going to make this approach a measurement side, it becomes impossible however, to view the state of a measurement side where a sensor head counters. On the other hand, when the area of a head side is large, the flat nature of the measurement side where this counters is required. As for measured value, irregularity was harmonic-mean-ized if irregularity was in the measurement side in the range of the size of a head side. Therefore, it becomes difficult to carry out the scan of the measurement side and to detect a detailed level difference etc. if it puts in another way -- the longitudinal direction of a sensor head -- resolution becomes a low thing

[0004] the longitudinal direction of a sensor head -- what is necessary is just to make area of a head side small, in order to make resolution high When making the source of a RF oscillation etc. build in the end face of a sensor head, a certain amount of size is required for the diameter of a basis edge. What is necessary is just to process it in the shape of [ which extracted the path ] a cone, so that it goes a sensor head at a nose of cam, in order to enable viewing of the measurement part which a head side moreover counters, holding the path of the end face section of a sensor head to some extent, since the path of a head side is made small. However, if it is made such sensor head structure, another problem will occur. Since a main sensor electrode and the reference electrode which encloses this will adjoin in a detailed distance, it is that a parasitic capacitance big in the meantime enters. This parasitic capacitance brings about a detection sensitivity fall, when detecting the capacity between a small head side and a measurement side.

[0005] an electrostatic-capacity formula with the sensor head which made the head side small, without having made this invention in consideration of the above-mentioned situation, and bringing about parasitic-capacitance increase -- a variation rate -- it aims at offering a sensor

[0006]

[Means for Solving the Problem] The sensor head which has the sensor electrode which counters the measurement side where this invention consists of a conductor, and the reference electrode of the shape of a ring which encloses this, In a sensor the electrostatic-capacity formula equipped with a detection means to detect the terminal voltage of the aforementioned sensor electrode which changes according to the capacity between the driving means which drive the aforementioned sensor electrode with an alternating current signal, and the aforementioned sensor electrode and a

measurement side -- a variation rate -- The 1st end face section to which, as for the aforementioned sensor electrode, the alternating current signal from the aforementioned driving means is supplied directly, A path has the 1st small point from the end face section of the above 1st arranged through a cone-like member on this 1st end face section. the aforementioned reference electrode the end face section of the above 1st, and abbreviation -- with the 2nd end face section arranged in the shape of a ring so that the end face section of the above 1st may be surrounded in the same field position It is characterized by having the 2nd point with a path smaller than the end face section of the above 2nd arranged through a hollow cone-like member on this 2nd end face section, and constituting at least one side of the aforementioned cone-like member and a hollow cone-like member with the dielectric.

[0007] It is made to extract the path of a sensor head as structure where the dielectric was made to intervene between a point and the end face section, about either [ at least ] the sensor electrode of a sensor head, or a reference electrode according to this invention. Unlike the case where it extracts, so that the sensor head was constituted only from a conductor and it went the path at the nose of cam by this, increase of the parasitic capacitance between a sensor electrode and a reference electrode is suppressed. If a dielectric is made to intervene between the end face section of a sensor head, and a point, the RF signal given to the end face section will be transmitted to a point by capacity coupling. At this time, the amplitude transmissibility of the RF signal from the end face section to a point is decided by the capacity-coupling ratio by the capacity by the dielectric, and the capacity between a sensor electrode and a measurement side. If the thing of the big specific inductive capacity as dielectric materials is used, the RF driving signal of sufficient level for a point can be given.

[0008] In this invention, the member made to intervene between the end face section of a sensor electrode and a point turns into a cone-like member (henceforth a column), and the member between which the end face section and the point of a reference electrode are made to be placed turns into a hollow cone-like member (henceforth a horn). In this case, 3 of the (a) column, the type which constitutes both horns with a dielectric, the type which constitutes only the (b) column with a dielectric, and the type which constitutes only the (c) horn with a dielectric types think, and it is \*\*\*\*. At the time of the type of (b), the conductor of one can constitute even from the end face section to a horn and a point. At the time of the type of (c), the conductor of one can constitute even from the end face section to a column and a point similarly.

[0009] The sensor head on which this invention has the sensor electrode which counters the measurement side which consists of a conductor, and the reference electrode of the shape of a ring which encloses this again, In a sensor the electrostatic-capacity formula equipped with a detection means to detect the terminal voltage of the aforementioned sensor electrode which changes according to the capacity between the driving means which drive the aforementioned sensor electrode with an alternating current signal, and the aforementioned sensor electrode and a measurement side -- a variation rate -- In order that the aforementioned driving means may supply the oscillation output of the source of a RF oscillation, and this source of a RF oscillation to the sensor electrode of the aforementioned sensor head, It has the coaxial cable of the length of lambda (however, lambda oscillation wavelength and n positive integer).  $(2+n [ 1/2 ])$  As the aforementioned detection means It is characterized by having the high-frequency-voltage detector attached in the position of lambda  $(4+m [ 1/2 ])$  (zero or more [ However, m ] integer below n) of the aforementioned coaxial cable.

[0010] In such composition, since the other end is the electrostatic capacity of the sensor head section when the voltage drive of the end of a coaxial cable is carried out by the source of a RF oscillation, it cannot take, but it reflects and a standing wave generates impedance matching. This standing wave serves as a "paragraph" and the mode in which a "belly" appears by turns, for every [ a "belly", lambda / ] four at both ends. Then, a sensor head is made to counter a measurement side, and if it asks for the position of a "paragraph" and the RF detector is prepared in the position at the time of a predetermined distance, the minute variation rate of a measurement side is detectable. That is, the minute variation rate of a measurement side causes change of electrostatic capacity, a reflection factor changes, a standing wave changes, the position of a "paragraph" moves and the RF amplitude which was a "paragraph" until now changes.

[0011]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing. the electrostatic-capacity formula according [ [gestalt 1 of operation] drawing 1 ] to the gestalt 1 of implementation of this invention -- a variation rate -- it is the cross-section structure of the sensor head 1 of a sensor, and drawing 2 is the decomposition perspective diagram The sensor head 1 consists of a sensor electrode 2 and a reference electrode 3 of the shape of a ring which encloses this. The sensor electrode 2 has the end face section 11 and a point 12, and is making the column 13 which is the member formed in the shape of a cone intervene among these. Both the end face section 11 and the point 12 are metals at a conductor and a concrete target, and a column 13 is a dielectric. A reference electrode 3 also has the end face section 11, the end face section 14 of the same field position, and the point 15 of the same field position as a point 12, and is making the horn 16 formed in the shape of a hollow cone intervene among these similarly. Both the end face section 14 and the point 15 are metals at a conductor and a concrete target, and a

horn 16 is a dielectric.

[0012] A barium titanate (specific inductive capacity 5000) is preferably used for a column 13 and a horn 16. Moreover, the metal membrane formed at the nose of cam of these columns 13 and a horn 16 of the spatter is used for points 12 and 15. It insulates electrically with the insulator 17 with suitable end face section 11 of the sensor electrode 2 and end face section 14 of a reference electrode 3, and is held in the said heart.

[0013] As mentioned above, the path is extracted when the sensor head 1 of the gestalt of this operation goes at a nose of cam by making a column 13 and a horn 16 intervene. As shown in drawing 2, the outer diameter in points 12 and 15 has a more small outer diameter in the end face sections 11 and 14 to D1, and it is set to D2 (<D1). The length of the portions of a column 13 and a horn 16 is concretely set to about H= 5mm, and the outer diameter of the point of the sensor head 1 whole is made into about D2=1mm.

[0014] With the gestalt of this operation, behind the end face section 14 of a reference electrode 3, the tube-like object 18 is continuously formed with this, and the source 4 of a RF oscillation is arranged inside the tube-like object 18. The source 4 of a RF oscillation is constituted using LC oscillator circuit which consists of Transistor Q, a primary winding of Transformer T, and a capacitor C. The bias circuit of Transistor Q is omitted drawing. Half-wave rectification of the secondary output of Transformer T is carried out by rectifier-diode D, and it is supplied to the end face section 11 of the sensor electrode 2.

[0015] If a RF driving signal is supplied to the end face section 11 of the sensor electrode 2, a RF driving signal will be given to a point 12 by capacity coupling. And the high frequency current changes according to the distance x between the sensor head 1 and a measurement side, and the terminal voltage of a point 12 changes. Change of the high frequency current which serves as a function of Distance x at this time is detectable as terminal voltage of the resistance R connected between Transformer T and the end face section 14 of a reference electrode 3.

[0016] Signs that a point 12 drives in the gestalt of this operation with the RF signal impressed to the end face section 11 of the sensor electrode 2 concretely are explained with reference to drawing 3. As shown in drawing 3, capacity of the portion by which the column 13 between the end face section 11 of the sensor electrode 2 and a point 12 was pinched is set to C1, and capacity between a point 12 and a measurement side is set to C2. The potential by which makes a measurement side grounding potential at this time, and capacity coupling is carried out to a point 12 when the potential V1 in the end face section 11 is given is as follows.

[0017]

[Equation 1]  $V2=C1$  and  $V1/(C1+C2)$

[0018] Since the very large dielectric of specific inductive capacity is used for the column 13, capacity C1 can be set as a state larger enough than C2. For example, the relation of capacity C1 and C2 is mostly expressed as  $C1/C2=(\epsilon_1, x)/(\epsilon_2 \cdot H)$ , using distance between H, a point 13, and a measurement side as x for the length of the portion of a column 13.  $\epsilon_1$  and  $\epsilon_2$  are the dielectric constants of a dielectric and air, respectively. When a barium titanate is used for a dielectric, the specific inductive capacity is about 5000. Moreover, as an example, if the numeric value of H= 1mm and x= 0.01mm is used, a capacity factor will be about set to  $C1/C2=10$ . In a such capacity-related case, it turns out that the potential V1 given to the end face section 11 is combined with a point 12 almost as it is so that clearly from several 1 of the point.

[0019] After the sensor head 1 has separated from the measurement side greatly, a RF driving signal is hardly supplied to the point 12 of the sensor electrode 2 any longer, so that clearly from the above explanation. However, since it is this at the time of not measuring, it is satisfactory. Moreover, in being extremely long, the joint efficiency to the point of a RF driving signal becomes [ length H of a column 13 and a horn 16 ] a low thing. Therefore, it is necessary to carry out an optimal setup of the length H by the relation with the range which should be measured.

[0020] According to the gestalt of this operation, the path of the sensor head 1 can be extracted, suppressing increase of the parasitic capacitance between the sensor electrode 2 and a reference electrode 3 by considering as the structure where the dielectric was made to intervene between a point and the end face section. thereby -- the head side of the sensor head 1 -- small -- carrying out -- a high longitudinal direction -- resolution is realizable. Moreover, it is possible by the jogging mechanism of viewing and shaft orientations to hold the parallelism of the apical surface [ as opposed to about 1mm, then a measurement side for the nose-of-cam outer diameter D2 of the sensor head 1 ] of the sensor head 1.

[0021] [Gestalt 2 of operation] drawing 4 makes the cross-section structure of sensor head 1a by the gestalt 2 of operation correspond to drawing 1, and shows it. A different point from the gestalt 1 of operation of drawing 1 is forming even from the end face section 11 to the column 13 and point 12 of the sensor electrode 2 by the conductor of one, for example, a metal. Moreover, with the gestalt 2 of this operation, the point 12 of the sensor electrode 2 was made into the same field position as the field of the point 13 of a reference electrode 3, and is processed as a needlelike electrode.

[0022] The same effect as the gestalt 1 of previous operation is acquired also according to the gestalt 2 of this operation. Moreover, as a result of making it project from the field of the point 15 of a reference electrode 3 by using the nose of cam of the sensor electrode 2 as a needlelike electrode in the case of the gestalt 2 of this operation, electric-field concentration becomes high and much more improvement in detection sensitivity and a longitudinal direction resolution enhancement are planned.

[0023] [Gestalt 3 of operation] drawing 5 makes the cross-section structure of sensor head 1b by the gestalt 3 of operation correspond to drawing 1, and shows it. A different point from the gestalt 1 of operation of drawing 1 is forming even from the end face section 14 to the horn 16 and point 15 of a reference electrode 3 by the conductor of one, for example, a metal. The same effect as the gestalt 1 of previous operation is acquired also according to the gestalt 3 of this operation.

[0024] [Gestalt 4 of operation] drawing 6 is the gestalt 4 of the operation which applied a drive method which is different in the gestalt 1 of operation using the sensor head 1 by the gestalt 1 of operation. The source 5 of a RF oscillation is formed out of the sensor head 1. In order to give the output of the source 5 of a RF oscillation to the sensor electrode 2 of the sensor head 1, the coaxial cable 6 is used. The length L1 of a coaxial cable 6 sets oscillation wavelength of the source 5 of a RF oscillation to lambda, and is adjusted to lambda ( $2+n [1/2]$ ) (n is a positive integer). The output of the source 5 of a RF oscillation is connected to the end of a coaxial cable 6. The sensor head section is connected to the other end of a coaxial cable 6.

[0025] The source 5 of a RF oscillation is voltage excitation, since a sensor head is an electrostatic-capacity formula, ends cannot take impedance matching, but a coaxial cable 6 can be mostly treated as in-phase reflection, and a standing wave occurs in a coaxial cable 6. At this time, the position of a standing-wave ratio and a "paragraph" changes with the values of the electrostatic capacity of a sensor head. Then, in order to detect this impedance reflective condition, the high-frequency-voltage detector 7 is connected in the middle of the coaxial cable 6. The parallel circuit of a capacitor C1 is connected with resistance R1 through Diode Di at the central conductor of a coaxial cable 6, and the high-frequency-voltage detector 7 has the standing-wave ratio (Standing Wave Ratio) meter 71 inserted at the resistance R1 side.

[0026] The position where the high-frequency-voltage detector 7 is connected is set to  $L2=(4+m [1/2])\lambda$  (however, integer as which m was chosen from 0, 1, --, n) as a distance L2 from a nose of cam. A detection output is zero, when high-frequency voltage is supervised in this position and load-carrying capacity is a reference value. If the distance between the sensor head 1 and a measurement side changes and load-carrying capacity shifts from a reference value, impedance reflective conditions will collapse and big high-frequency voltage will be detected. Therefore, according to the gestalt of this operation, the sensor head 1 enables it to detect a slight position change of a measurement side with sufficient sensitivity.

[0027] In addition, although what used horn 16 as a sensor head 1 with the column 13 which consists of a dielectric, and made the path at a nose of cam small was used with the gestalt 4 of operation, sensor head 1a or 1b of drawing 4 or drawing 5 can also be used. furthermore, the electrostatic-capacity formula of the form of the former [ method / drive / using the coaxial cable of the gestalt 4 of this operation ] -- a variation rate -- it applies and is effective also in a sensor head

[0028]

[Effect of the Invention] an electrostatic-capacity formula with the sensor head which made the head side small, without bringing about parasitic-capacitance increase like by [ which were described above ] extracting the path of the point of a sensor head using the column or horn of a dielectric according to this invention -- a variation rate -- a sensor can be offered Moreover, the position of a measurement side can be measured to high sensitivity by supplying a RF signal to a sensor head using a coaxial cable, and using the drive method which detects a load effect by the success or failure of impedance reflective conditions.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

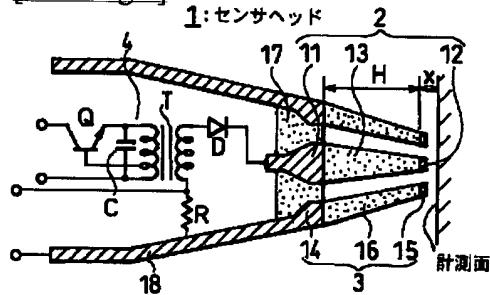
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

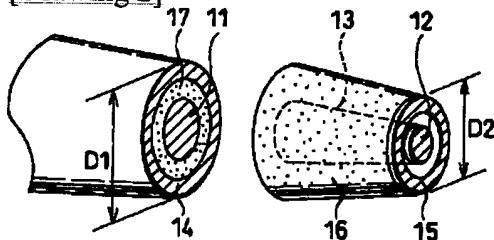
DRAWINGS

---

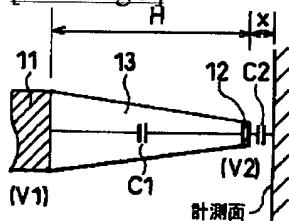
[Drawing 1]



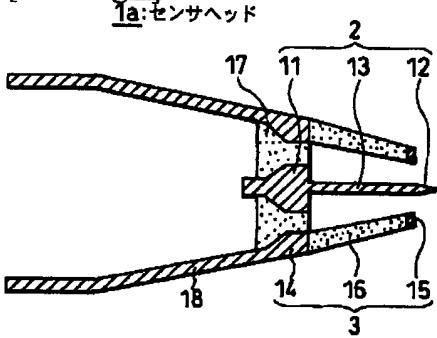
[Drawing 2]



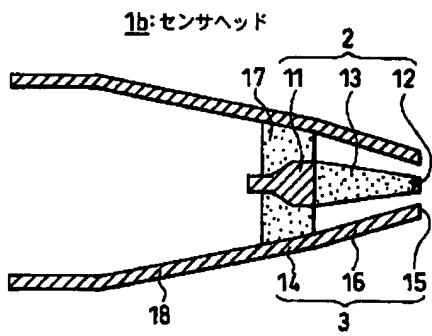
[Drawing 3]



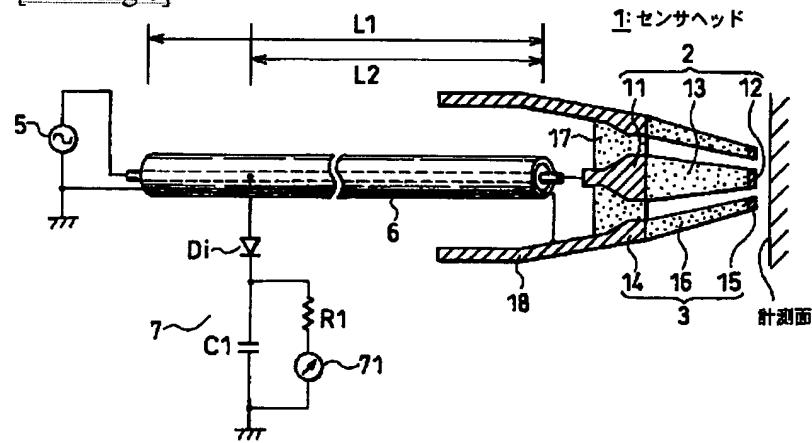
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-194105

(P2001-194105A)

(43)公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 B 7/00

識別記号

F I

G 0 1 B 7/00

テ-マコ-ト<sup>8</sup>(参考)

K 2 F 0 6 3

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願2000-5036(P2000-5036)

(22)出願日 平成12年1月13日 (2000.1.13)

(71)出願人 000137694

株式会社ミツトヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(72)発明者 原 外満

茨城県つくば市上横場430番地の1 株式

会社ミツトヨ内

(74)代理人 100092820

弁理士 伊丹 勝

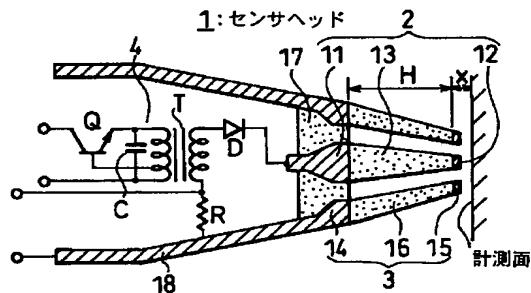
Fターム(参考) 2F063 CA34 HA01 HA04 HA09 HA12

(54)【発明の名称】 静電容量式変位センサ

(57)【要約】

【課題】 寄生容量増大をもたらすことなくヘッド面を小さくしたセンサヘッドを持つ静電容量式変位センサを提供する。

【解決手段】 センサヘッド1は、センサ電極2とこれを取り囲むリング状の基準電極3により構成される。センサ電極2は、交流信号が直接供給される基端部11と、この基端部11上に円錐状の誘電体コラム13を介して配置された、基端部11より径が小さい先端部12とを有する。基準電極3は、基端部11と略同じ面位置に基端部11を取り囲むようにリング状に配置された基端部14と、この基端部14上に中空円錐状の誘電体ホーン16を介在して配置された、基端部14より径が小さい先端部15とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】導体からなる計測面に対向するセンサ電極とこれを取り囲むリング状の基準電極とを有するセンサヘッドと、

前記センサ電極を交流信号により駆動する駆動手段と、前記センサ電極と計測面との間の容量に応じて変化する前記センサ電極の端子電圧を検出する検出手段とを備えた静電容量式変位センサにおいて、

前記センサ電極は、前記駆動手段からの交流信号が直接供給される第1の基端部と、この第1の基端部上に円錐状部材を介して配置された前記第1の基端部より径が小さい第1の先端部とを有し、

前記基準電極は、前記第1の基端部と略同じ面位置に前記第1の基端部を取り囲むようにリング状に配置された第2の基端部と、この第2の基端部上に中空円錐状部材を介して配置された前記第2の基端部より径が小さい第2の先端部とを有し、且つ前記円錐状部材、中空円錐状部材の少なくとも一方が誘電体により構成されていることを特徴とする静電容量式変位センサ。

【請求項2】前記円錐状部材及び中空円錐状部材が共に誘電体であることを特徴とする請求項1記載の静電容量式変位センサ。

【請求項3】前記中空円錐状部材が誘電体であり、前記第1の基端部、円錐状部材及び第1の先端部が導体により一体形成されて、前記第1の先端部の先端が針状に加工されていることを特徴とする請求項1記載の静電容量式変位センサ。

【請求項4】前記円錐状部材が誘電体であり、前記第2の基端部、中空円錐状部材及び第2の先端部が導体により一体形成されていることを特徴とする請求項1記載の静電容量式変位センサ。

【請求項5】前記第2の基端部は筒状に加工され、その内部に前記駆動手段としての高周波発振源が配置されることを特徴とする請求項1記載の静電容量式変位センサ。

【請求項6】導体からなる計測面に対向するセンサ電極とこれを取り囲むリング状の基準電極とを有するセンサヘッドと、

前記センサ電極を交流信号により駆動する駆動手段と、前記センサ電極と計測面との間の容量に応じて変化する前記センサ電極の端子電圧を検出する検出手段とを備えた静電容量式変位センサにおいて、

前記駆動手段は、高周波発振源と、この高周波発振源の発振出力を前記センサヘッドのセンサ電極に供給するための、 $(1/2 + n/2)\lambda$  (但し、 $\lambda$ は発振波長、 $n$ は正の整数) の長さの同軸ケーブルとを有し、

前記検出手段として、前記同軸ケーブルの $(1/4 + m/2)\lambda$  (但し、 $m$ は0以上で $n$ 以下の整数) の位置に取り付けられた高周波電圧検出回路を有することを特徴とする静電容量式変位センサ。

【請求項7】前記センサ電極は、前記駆動手段からの交流信号が直接供給される第1の基端部と、この第1の基端部上に円錐状部材を介して配置された前記第1の基端部より径が小さい先端部とを有し、

前記基準電極は、前記第1の基端部と略同じ面位置に前記第1の基端部を取り囲むようにリング状に配置された第2の基端部と、この第2の基端部上に中空円錐状部材を介して配置された前記第2の基端部より径が小さく設定された第2の先端部とを有し、且つ前記円錐状部材、中空円錐状部材の少なくとも一方が誘電体により構成されていることを特徴とする請求項6記載の静電容量式変位センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、導体からなる計測面の位置(変位)を、この計測面にセンサヘッドを対向させて、その間の静電容量を利用して検出する静電容量式変位センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、金属の表面位置等を非接触で測定するために、静電容量式変位センサが用いられている。この種の静電容量式変位センサのセンサヘッドは、センサ電極と、このセンサ電極を取り囲むようにリング状に配置された基準電極とから構成される(例えば、特開平9-280806号公報、特開平10-332312号公報等)。この様なセンサヘッドのセンサ電極を高周波信号で駆動すると、センサヘッドと計測面の間の距離(即ち容量)に応じて、高周波電流が変化し、センサ電極の端子電圧が変化する。従ってセンサ電極の端子電圧を検出することにより、センサヘッドと計測面の間の距離を測ることができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】静電容量式変位センサの検出感度を高いものとするためには、センサヘッドと計測面との間の容量が大きいことが望ましい。そのためには、センサヘッドの計測面に対向するヘッド面の面積が大きいこと、或いは計測面との間の距離が小さい状態とすることが必要である。しかし、ヘッド面を大きくしてしかもこれを計測面に近接させようとすると、センサヘッドが対向する計測面の状態を目視できなくなる。一方、ヘッド面の面積が大きい場合には、これが対向する計測面の平坦性が要求される。もしヘッド面の大きさの範囲で計測面に凹凸があると、測定値は凹凸の調和平均化されたものとなる。従って、計測面をスキャンして微細な段差等を検出することが難しくなる。言い換れば、センサヘッドの横方向分解能が低いものとなる。

【0004】センサヘッドの横方向分解能を高くするためには、ヘッド面の面積を小さくすればよい。センサヘッドの基端には高周波発振源等を内蔵させる場合には、基端部径はある程度の大きさが必要である。センサヘッ

ドの基端部の径をある程度保持しながら、ヘッド面の径を小さくするため、しかもヘッド面の対向する計測部位を目視可能とするためには、センサヘッドを先端に行くほど径を絞った円錐状に加工すればよい。しかし、この様なセンサヘッド構造にすると、別の問題が発生する。中心のセンサ電極とこれを取り囲む基準電極とが微細な距離で隣接することになるため、その間に大きな寄生容量が入ることである。この寄生容量は、小さいヘッド面と計測面の間の容量を検出する場合に、検出感度低下をもたらす。

【0005】この発明は、上記事情を考慮してなされたもので、寄生容量増大をもたらすことなくヘッド面を小さくしたセンサヘッドを持つ静電容量式変位センサを提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は、導体からなる計測面に対向するセンサ電極とこれを取り囲むリング状の基準電極とを有するセンサヘッドと、前記センサ電極を交流信号により駆動する駆動手段と、前記センサ電極と計測面との間の容量に応じて変化する前記センサ電極の端子電圧を検出する検出手段とを備えた静電容量式変位センサにおいて、前記センサ電極は、前記駆動手段からの交流信号が直接供給される第1の基端部と、この第1の基端部上に円錐状部材を介して配置された前記第1の基端部より径が小さい第1の先端部とを有し、前記基準電極は、前記第1の基端部と略同じ面位置に前記第1の基端部を取り囲むようにリング状に配置された第2の基端部と、この第2の基端部上に中空円錐状部材を介して配置された前記第2の基端部より径が小さい第2の先端部とを有し、且つ前記円錐状部材、中空円錐状部材の少なくとも一方が誘電体により構成されていることを特徴とする。

【0007】この発明によると、センサヘッドのセンサ電極及び基準電極の少なくとも一方について、先端部と基端部の間に誘電体を介在させた構造として、センサヘッドの径を絞るようにしている。これにより、センサヘッドを導体のみで構成してその径を先端に行くほど絞った場合と異なり、センサ電極と基準電極との間の寄生容量の増大が抑えられる。センサヘッドの基端部と先端部の間に誘電体を介在させると、基端部に与えられる高周波信号は容量結合により先端部まで伝送される。このとき、基端部から先端部への高周波信号の振幅伝達率は、誘電体による容量と、センサ電極と計測面との間の容量による容量結合比で決まる。誘電体材料として大きな比誘電率のものを用いれば、先端部に十分なレベルの高周波駆動信号を与えることができる。

【0008】この発明において、センサ電極の基端部と先端部の間に介在させる部材は、円錐状部材（以下、コラムという）となり、基準電極の基端部と先端部に介在させる部材は、中空円錐状部材（以下、ホーンという）

となる。この場合、（a）コラムとホーンを共に誘電体により構成するタイプと、（b）コラムのみを誘電体により構成するタイプと、（c）ホーンのみを誘電体により構成するタイプの3タイプが考えられる。（b）のタイプのときは、基端部からホーン及び先端部までを一体の導体により構成することができる。同様に（c）のタイプのときは、基端部からコラム及び先端部までを一体の導体により構成することができる。

【0009】この発明はまた、導体からなる計測面に対向するセンサ電極とこれを取り囲むリング状の基準電極とを有するセンサヘッドと、前記センサ電極を交流信号により駆動する駆動手段と、前記センサ電極と計測面との間の容量に応じて変化する前記センサ電極の端子電圧を検出する検出手段とを備えた静電容量式変位センサにおいて、前記駆動手段は、高周波発振源と、この高周波発振源の発振出力を前記センサヘッドのセンサ電極に供給するための、 $(1/2 + n/2) \lambda$ （但し、 $\lambda$ は発振波長、nは正の整数）の長さの同軸ケーブルとを有し、前記検出手段として、前記同軸ケーブルの $(1/4 + m/2) \lambda$ （但し、mは0以上でn以下の整数）の位置に取り付けられた高周波電圧検出回路を有することを特徴とする。

【0010】この様な構成において、高周波発振源によって同軸ケーブルの一端を電圧駆動すると、他端はセンサヘッド部の静電容量であるのでインピーダンス整合はとれず、反射して定在波が発生する。この定在波は両端で「腹」、 $\lambda/4$ 毎に「節」と「腹」が交互に現れるモードとなる。そこでセンサヘッドを計測面に対向させ、所定の距離のとき、「節」の位置を求め、その位置に高周波検出回路を設けておけば、計測面の微小な変位を検出することができる。即ち、計測面の微小な変位が静電容量の変化を引き起こし、反射率が変化し、定在波が変わり、「節」の位置が移動し、今まで「節」であったところの高周波振幅が変化する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施例を説明する。

【実施の形態1】図1は、この発明の実施の形態1による静電容量式変位センサのセンサヘッド1の断面構造であり、図2はその分解斜視図である。センサヘッド1は、センサ電極2とこれを取り囲むリング状の基準電極3とから構成されている。センサ電極2は、基端部11と先端部12を有し、これらの間には円錐状に形成された部材であるコラム13を介在させている。基端部11及び先端部12は共に導体、具体的には金属であり、コラム13は誘電体である。基準電極3も同様に、基端部11と同じ面位置の基端部14と、先端部12と同じ面位置の先端部15を有し、これらの間には中空円錐状に形成されたホーン16を介在させている。基端部14及び先端部15は共に導体、具体的には金属であり、ホー

ン16は誘電体である。

【0012】コラム13及びホーン16には好ましくは、チタン酸バリウム（比誘電率5000）が用いられる。また先端部12、15にはこれらのコラム13及びホーン16の先端にスパッタにより形成された金属膜が用いられる。センサ電極2の基端部11と基準電極3の基端部14とは適当な絶縁体17により電気的に絶縁されて同心的に保持されている。

【0013】以上のように、この実施の形態のセンサヘッド1は、コラム13とホーン16を介在させることにより先端に行くにつけて径が絞られている。図2に示すように、基端部11、14での外径がD1に対し、先端部12、15での外径はより小さく、D2(<D1)となる。具体的に例えば、コラム13及びホーン16の部分の長さをH=5mm程度とし、センサヘッド1全体の先端部の外径をD2=1mm程度とする。

【0014】この実施の形態では、基準電極3の基端部14の後方には、これと連続的に筒状体18が形成されており、その筒状体18の内部に高周波発振源4が配置されている。高周波発振源4は例えば、トランジスタQと、トランジストの一次巻線とキャバシタCからなるLC発振回路を用いて構成される。図ではトランジスタQのバイアス回路を省略している。トランジストの二次側出力は、整流ダイオードDにより半波整流されて、センサ電極2の基端部11に供給される。

【0015】センサ電極2の基端部11に高周波駆動信号が供給されると、容量結合により先端部12に高周波駆動信号が与えられる。そして、センサヘッド1と計測面との間の距離xに応じて高周波電流が変化し、先端部12の端子電圧が変化する。このとき距離xの関数となる高周波電流の変化は、トランジストと基準電極3の基端部14との間に接続された抵抗Rの端子電圧として検出することができる。

【0016】具体的にこの実施の形態において、センサ電極2の基端部11に印加される高周波信号により先端部12が駆動される様子を、図3を参照して説明する。図3に示すように、センサ電極2の基端部11と先端部12の間のコラム13が挟まれた部分の容量をC1とし、先端部12と計測面の間の容量をC2とする。このとき、計測面を接地電位とし、基端部11にある電位V1を与えたとき、先端部12に容量結合される電位は、次のようになる。

【0017】

【数1】 $V2 = C1 \cdot V1 / (C1 + C2)$

【0018】コラム13には比誘電率の極めて大きい誘電体を用いているため、容量C1はC2より十分に大きい状態に設定することができる。例えば、コラム13の部分の長さをH、先端部13と計測面の間の距離をxとして、容量C1、C2の関係はほぼ、 $C1 / C2 = (\varepsilon 1 \cdot x) / (\varepsilon 2 \cdot H)$ と表される。 $\varepsilon 1$ 、 $\varepsilon 2$ はそれ

ぞれ、誘電体、空気の誘電率である。誘電体にチタン酸バリウムを用いた場合、その比誘電率は約5000である。また具体例として、H=1mm、x=0.01mmの数値を用いると、容量比はおよそ、 $C1 / C2 = 10$ となる。この様な容量関係の場合、先の数1から明らかなように、基端部11に与えられる電位V1がほぼそのまま先端部12に結合されることがわかる。

【0019】以上の説明から明らかなように、センサヘッド1が計測面から大きく離れた状態では、高周波駆動信号はもはやセンサ電極2の先端部12に殆ど供給されない。しかしこれは、非計測時であるから問題はない。また、コラム13及びホーン16の長さHが極端に長い場合には、高周波駆動信号の先端部への結合効率が低いものとなる。従って、計測すべき距離範囲との関係で、長さHを最適設定することが必要になる。

【0020】この実施の形態によると、先端部と基端部の間に誘電体を介在させた構造とすることにより、センサ電極2と基準電極3の間の寄生容量の増大を抑えながら、センサヘッド1の径を絞ることができる。これにより、センサヘッド1のヘッド面を小さくして、高い横方向分解能を実現することができる。また、センサヘッド1の先端外径D2を1mm程度とすれば、計測面に対するセンサヘッド1の先端面の平行度を保持することは、目視と軸方向の微動機構により可能である。

【0021】【実施の形態2】図4は、実施の形態2によるセンサヘッド1aの断面構造を図1に対応させて示している。図1の実施の形態1と異なる点は、センサ電極2の基端部11からコラム13及び先端部12までを、一体の導体、例えば金属により形成していることである。またこの実施の形態2では、センサ電極2の先端部12を、基準電極3の先端部13の面と同じ面位置とし、且つ針状電極として加工している。

【0022】この実施の形態2によっても先の実施の形態1と同様の効果が得られる。またこの実施の形態2の場合、センサ電極2の先端を針状電極として基準電極3の先端部15の面より突出させている結果、電界集中が高くなり、一層の検出感度向上及び横方向分解能向上が図られる。

【0023】【実施の形態3】図5は、実施の形態3によるセンサヘッド1bの断面構造を図1に対応させて示している。図1の実施の形態1と異なる点は、基準電極3の基端部14からホーン16及び先端部15までを一体の導体、例えば金属により形成していることである。この実施の形態3によっても先の実施の形態1と同様の効果が得られる。

【0024】【実施の形態4】図6は、実施の形態1によるセンサヘッド1を用いて、実施の形態1とは異なる駆動方式を適用した実施の形態4である。高周波発振源5は、センサヘッド1の外に設けられる。高周波発振源5の出力をセンサヘッド1のセンサ電極2に与えるため

に、同軸ケーブル6が用いられている。同軸ケーブル6の長さL1は、高周波発振源5の発振波長をλとして、 $(1/2 + n/2)\lambda$  (nは正の整数)に調整されている。高周波発振源5の出力は同軸ケーブル6の一端に接続される。同軸ケーブル6の他端にはセンサヘッド部が接続される。

【0025】高周波発振源5は電圧励振であり、センサヘッドは静電容量式なので、同軸ケーブル6は両端ともインピーダンス整合はとれず、ほぼ同相反射として扱うことができ、同軸ケーブル6には定在波が発生する。このとき定在波比、「節」の位置は、センサヘッドの静電容量の値によって変化する。そこでこのインピーダンス反射条件を検出するため、同軸ケーブル6の途中に高周波電圧検出回路7が接続されている。高周波電圧検出回路7は、同軸ケーブル6の中心導体に、ダイオードD<sub>i</sub>を介し抵抗R1とキャパシタC1の並列回路が接続され、その抵抗R1側に挿入された定在波比(Standing Wave Ratio)メータ71を有する。

【0026】高周波電圧検出回路7が接続される位置は、例えば先端からの距離L2としてL2=(1/4+m/2)λ(但し、mは0, 1, …, nから選ばれた整数)とする。この位置で高周波電圧を監視すると、負荷容量が基準値の場合、検出出力はゼロである。センサヘッド1と計測面との間の距離が変化して負荷容量が基準値からずれると、インピーダンス反射条件が崩れ、大きな高周波電圧が検出される。従ってこの実施の形態によると、センサヘッド1により、計測面の僅かの位置変動を感度よく検出することが可能になる。

【0027】なお実施の形態4ではセンサヘッド1として、誘電体からなるコラム13とホーン16用いて先端の径を小さくしたものを用いたが、図4或いは図5のセンサヘッド1a或いは1bを用いることもできる。更に\*

\* この実施の形態4の同軸ケーブルを用いた駆動方式は、従来の形式の静電容量式変位センサヘッドにも適用して有効である。

[0028]

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、誘電体のコラム又はホーンを用いてセンサヘッドの先端部の径を絞ることにより、寄生容量増大をもたらすことなくヘッド面を小さくしたセンサヘッドを持つ静電容量式変位センサを提供することができる。また、同軸ケーブルを用いて高周波信号をセンサヘッドに供給し、インビーダンス反射条件の成否により負荷変動を検出する駆動方式を用いることにより、計測面の位置を高感度に測定することができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるセンサヘッド1の構造を示す図である。

【図2】 同実施の形態1のセンサヘッド1の分解斜視図である。

【図3】 同実施の形態1の駆動条件を説明するための図である。

【図4】 この発明の実施の形態2によるセンサヘッド1aの構造を示す図である。

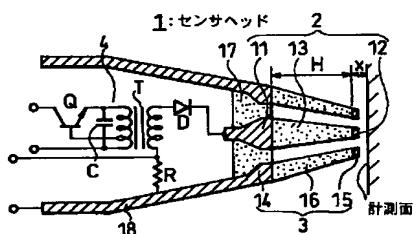
【図5】この発明の実施の形態3によるセンサヘッド1bの構造を示す図である。

【図6】この発明の実施の形態4によるセンサヘッドとその駆動及び検出回路の構成を示す図である。

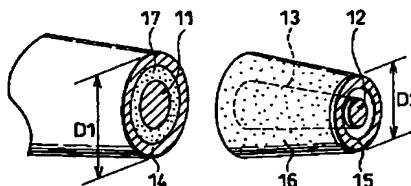
### 【符号の説明】

〔付〕寸法説明  
1, 1a, 1b…センサヘッド、2…センサ電極、11  
…基端部、12…先端部、13…コラム、3…基準電  
極、14…基端部、15…先端部、16…ホーン、4,  
5…高周波発振源、6…同軸ケーブル、7…高周波電圧  
検出回路。

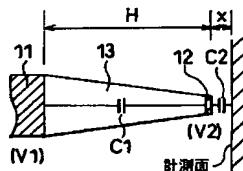
### 【図1】



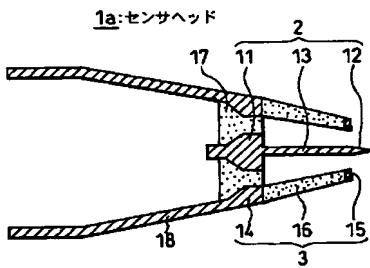
[図2]



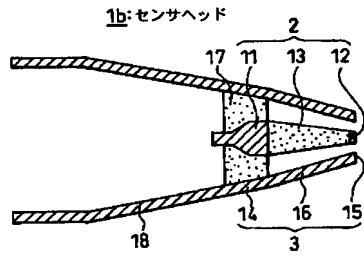
[図3]



【図4】



【図5】



【図6】

